



Bundesamt für Strahlenschutz

Deckblatt

GZ: QM – 9A 23400000 SE 4.2.1

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	Seite: I
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23400000	GHB	RZ	0031	00	Stand: 16.10.2015

Titel der Unterlage:

Faktenerhebung Schritt 1

Erkundungsbericht über Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 auf der 750-m-Sohle im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der Einlagerungskammer 7/750

Ersteller:

Institut für Gebirgsmechanik

Stempelfeld:

Freigabe durch bergrechtlich verantwortliche Person:

Freigabe durch atomrechtlich verantwortliche Person:

Freigabe PL:

Freigabe zur Anwendung:

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des BFS.



Bundesamt für Strahlenschutz

Revisionsblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: II
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23400000	GHB	RZ	0031	00	Stand: 16.10.2015

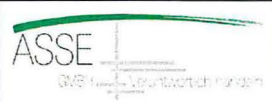
Titel der Unterlage:

Faktenerhebung Schritt 1

Erkundungsbericht über Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 auf der 750-m-Sohle im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der Einlagerungskammer 7/750

Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer	Rev. Seite	Kat.*	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
Kategorie S = substantielle Änderung
mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



Stand: 16.10.2015

Blatt: 1

DECKBLATT

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02

Kurztitel der Unterlage:
**Faktenerhebung Schritt 1 -
 Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3**

Ersteller / <u>Unterschrift</u> Institut für Gebirgsmechanik GmbH	Geprüft / Unterschrift:
--	-------------------------

Titel der Unterlage:

Faktenerhebung Schritt 1

**Erkundungsbericht über Minimalspannungssondierung
 in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3
 auf der 750-m-Sohle
 im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der
 Einlagerungskammer 7/750**

Freigabevermerk:

Freigabedurchlauf

Fachbereich: Faktenerhebung	Stabsstelle Qualitätsmanagement und Dokumentation:	Geschäftsführung Asse-GmbH:
v Unterschrift	Unterschrift	U Unterschrift

REVISIONSBLATT


Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	/

Kurztitel der Unterlage:

Faktenerhebung Schritt 1 -
Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3

Rev	Revisionsstand Datum	Verantw. Stelle	revidierte Blätter	Kat. *)	Erläuterung der Revision
00	11.10.2013	T-FE			Ersterstellung
01	22.09.2014	T-PF		-	Komplettüberarbeitung, Vorläuferdokument erstellt durch das Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG)
02	16.10.2015	T-PF		-	Titel des Dokumentes geändert
			alle	-	Komplettüberarbeitung

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur, Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung, Kategorie S = substantielle Änderung. Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02	

Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungs Sondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3	Blatt: 3
--	----------

Inhaltsverzeichnis

Blatt

Deckblatt	1
Revisionsblatt	2
Inhaltsverzeichnis	3
Freigabeblatt.....	4
1 Einleitung	5
2 Standortsituation der ELK 7/750 auf der 750-m-Sohle	5
3 Zustand der Erkundungsbohrung und Arbeitsbedingungen.....	8
4 Methode und Ergebnisse der Spannungssondierungen	10
4.1 Versuchsbeschreibung und Equipment	10
4.2 Versuchsablauf.....	12
4.3 Ergebnisdiskussion.....	13
5 Interpretation im Vergleich mit Modellrechnungen und weiteren In-situ-Messungen.....	16
6 Zusammenfassende Schlussfolgerungen.....	21
7 Mitgeltende Dokumente (in der jeweils gültigen Fassung).....	22
8 Literaturverzeichnis	22

Tabellenverzeichnis

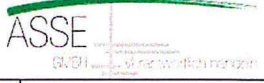
Tabelle 1: Aufgeschlossene Bereiche in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3	8
Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3.....	13

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grund- und Aufrissausschnitt der Situation im Streckenbereich zwischen dem Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750 mit Lage der Erkundungsbohrung B 7/750-A3	6
Abbildung 2: Historisches Foto aus der ELK 7/750 aus der Einlagerungszeit (Oktober 1977).....	7
Abbildung 3: Historisches Foto aus der ELK 7/750 aus der Einlagerungszeit (November 1977).....	7
Abbildung 4: Foto aus der Kamerabefahrung; Scherband bei Bohrlochteufe 16,6 m	9
Abbildung 5: Foto aus der Kamerabefahrung; Scherband bei Bohrlochteufe 21,0 m	9
Abbildung 6: Foto aus der Kamerabefahrung; freigelegte Betonhülle bei Bohrlochteufe 22,5 m ...	10
Abbildung 7: Equipment für Spannungssondierungen in Bohrlöchern mit Durchmesser von etwa 101 mm	11
Abbildung 8: Typischer Ablauf einer hydraulischen Spannungssondierung.....	12
Abbildung 9: Spannungssondierung in Erkundungsbohrung B 7/750-A3; Teufe 17,0 m; im Leinesteinsalz	14
Abbildung 10: Spannungssondierung in Erkundungsbohrung B 7/750-A3; Teufe 13,0 m; im Leinesteinsalz	14
Abbildung 11: Spannungssondierung in Erkundungsbohrung B 7/750-A3; Teufe 9,0 m; im Leinesteinsalz	15
Abbildung 12: Spannungssondierung in Erkundungsbohrung B 7/750-A3; Teufe 7,2 m; auf Schichtgrenze Carnallitit zum Leinesteinsalz	15
Abbildung 13: Spannungssondierung in Erkundungsbohrung B 7/750-A3; Teufe 6,0 m; im Carnallitit	16
Abbildung 14: Isoflächenplot der minimalen Druckeinspannung in MPa in einem Vertikalschnitt ..	17
Abbildung 15: Vertikalschnitt mit Isoflächenplot der Vergleichsspannung σ_v in MPa.....	17
Abbildung 16: Vertikalschnitt mit Isoflächenplot der plastischen Scherverformung	18
Abbildung 17: Vertikalschnitt mit Isoflächenplot der plastischen Zugverformungen	18
Abbildung 18: Mikroseismische Ereignisse projiziert auf einen Ausschnitt des Seigerriß und Längsschnitt 1 der Schachanlage Asse II; 09/2012 bis 08/ 2013; Legende siehe Abbildung 19...	20
Abbildung 19: Ausschnitt aus dem geol. Sohlenriß 750 m der Schachanlage Asse II mit mikroseismischen Ereignissen; nur Betriebsruhezeiten, 09/2012 bis 08/2013.....	21

Anzahl der Blätter dieses Dokumentes.....	22
---	----

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	
NNA	NNNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02	



ASSE
GmbH
Mineralspännungen

Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3	Blatt: 4
---	-----------------



Institut für Gebirgsmechanik GmbH Leipzig

Untersuchung • Prüfung • Beratung • Begutachtung


Auftraggeber: Asse-GmbH
Am Walde 2
38319 Remlingen

Auftragnehmer: Institut für Gebirgsmechanik GmbH
Friederikenstraße 60, 04279 Leipzig
Tel: 0341 336000 Fax: 0341 33600308
Homepage: www.ifg-leipzig.de

Bestell - Nr. (AG): BE132434
Auftrag - Nr. (AN): 39/2013

Bearbeiter:

Leipzig, den 16.10.2015

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02	

Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3	Blatt: 5
---	----------

1 Einleitung

Anlässlich eines Fachgespräches auf der Schachanlage Asse II am 03.07.2013 wurde das Institut für Gebirgsmechanik (IfG) Leipzig über geplante Spannungssondierungen und Permeabilitätsmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 der Faktenerhebung in Richtung der Einlagerungskammer 7 auf der 750-m-Sohle (ELK 7/750) informiert. Die Spannungssondierungen sollten vom IfG und die Permeabilitätsmessungen von der IBeWa - Ingenieurpartnerschaft aus Freiberg durchgeführt werden. Die Erkundungsbohrung B 7/750-A3 wurde leicht einfallend (mit etwa 3°) aus der hangenden Verbindungsstrecke zwischen dem Abbau 5/750 im Staßfurtsteinsalz Na2 und der ELK 7/750 in Richtung der ELK 7/750 gestoßen (siehe Abbildung 1). Die Erkundungsbohrung B 7/750-A3 erreichte die Einlagerungskammer im oberen nordöstlichen Übergangsbereich vom Stoß zur Firste. Die Länge wurde mit 23,2 m angegeben und der Bohrlochdurchmesser mit etwa 98 mm ermittelt. Da die Erkundungsbohrung B 7/750-A3 planmäßig Anfang August wieder mit Sorelbeton verfüllt und der Strahlenschutzbereich aufgehoben werden sollte, stand für die Sondierungen inkl. der vorauslaufenden Angebots-erarbeitung und Auftragserteilung ein nur geringer Zeitrahmen zur Verfügung.

In dem Fachgespräch wurden die zu diesem Zeitpunkt erkennbaren technischen, kaufmännischen und radiologischen Randbedingungen diskutiert und am gleichen Tag eine Angebotsanfrage an das IfG gesendet. In dem Angebot sind folgende Leistungen aufgeführt:

- Vorbereitung der Messungen mit Zusammenbau der Sonde und der Druckleitungen, Test im Labor und in einem Salzbergwerk sowie Vorgabe des Anschlussbaus vom NQ-Gestänge der Asse-GmbH zur Messsonde
- Durchführung der Messungen an 5 Messorten im Bohrloch im Steinsalz, Carnallit und an der Schichtgrenze Steinsalz/Carnallit
- Auswertung der Messungen, Dokumentation der Ergebnisse und Kurzbericht
- Abfassung eines zusammenfassenden Berichtes unter Berücksichtigung der Spannungssondierungen und Permeabilitätsmessungen; Einordnung in die Ergebnisse der numerischen Modellrechnungen; Bewertung auf Basis der Befunde der Standortüberwachung und Vergleich mit bereits vorliegenden Messergebnissen zur Standortbewertung des Pfeilers zwischen Abbau 5/750 Na2 und ELK 7/750 sowie angrenzender Bereiche.

Die Beauftragung für die Messungen erfolgte mit Schreiben vom 17.07.2013.

Im Weiteren werden die ausführlichen Benennungen „Erkundungsbohrung B 7/750-A3“ und andere gleichartige Bohrungsbezeichnungen – z. B. aus Platzgründen in Beschriftungen innerhalb von Abbildungen und zur Vermeidung permanenter Wiederholungen – nach Bedarf mit Kurzformen, wie „Bohrung B 7/750-A3“ oder nur „A3“ abgekürzt.

2 Standortsituation der ELK 7/750 auf der 750-m-Sohle

Die ELK 7/750 liegt in einer Teufe von rund 750 m am südlichen Rand des Grubengebäudes. Sie wird gemäß [1] im Osten und Westen durch ca. 20 m starke Pfeiler begrenzt und der nördliche Abstand bis zur südlichen Richtstrecke nach Osten beträgt 2 bis 4 m bzw. bis zum Abbau 5/750 im Na2 etwa 45 m. Durch die querschlägigen Pfeiler bestehen Verbindungen zur ELK 6/750 im Westen, zur ELK 11/750 im Osten sowie im Norden zur versetzten südlichen Richtstrecke nach Osten. Weiterhin besteht über einen Querschlag im Firstniveau eine Verbindung zum Abbau 5/750 im Älteren Steinsalz Na2. Die ELK 7/750 ist durch eine 14 m starke Schwebel von den Abbauen auf der 725-m-Sohle abgegrenzt. Unterhalb der ELK 7/750 beträgt der Abstand zu den Grubenbauen der 775-m-Sohle ca. 21 m. Diese sogenannte „Belgierstrecke“ ist mit Sorelbeton verfüllt. Südlich der ELK 7/750 befinden sich keine Grubenbaue.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02

Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3

Blatt: 6

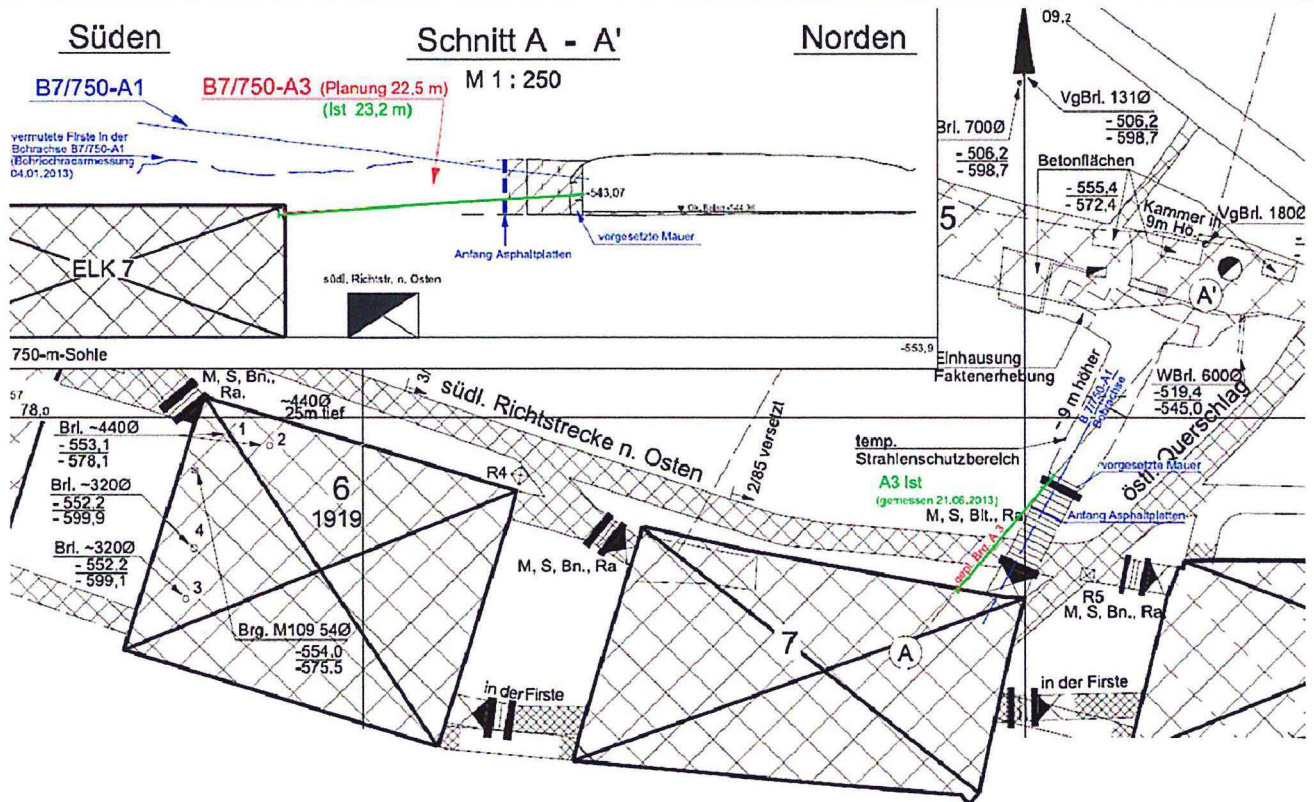


Abbildung 1: Grund- und Aufrissausschnitt der Situation im Streckenbereich zwischen dem Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750 mit Lage der Erkundungsbohrung B 7/750-A3

Der größte Teil der ELK 7/750 befindet sich im Jüngeren Steinsalz (Na3) und nur die südöstliche Kammerecke liegt im Älteren Steinsalz (Na2). Entsprechend den angefertigten Fotografien aus der Einlagerungszeit wurde in dieser Kammerecke geringfügig Carnallit freigelegt. Der Abstand bis zum Rötanhydrit im südlichen Deckgebirge liegt zwischen 96 m an der südwestlichen und 108 m an der südöstlichen Kammerecke.

Die Auffahrung zur Steinsalzgewinnung erfolgte in den Jahren 1919 bis 1920. In der Zeit von Juli 1977 bis Juli 1978 wurden 4.356 Gebinde mit schwachradioaktivem Abfall unterschiedlicher Größe eingelagert. Die Abfallgebände beanspruchen ein Gebindebruttovolumen von 3.993 m³. Die Gebinde wurden mit Hilfe der Abkipptechnik im unteren und mit Hilfe der Stapeltechnik im oberen Bereich der ELK 7/750 eingebracht. Die Einlagerung erfolgte unter Zugabe von Salzhautwerk. Nach der Einlagerung wurde der Resthohlraum mit Salzversatz verblasen und dabei zur Staubbindung eine MgCl₂-Lösung zugegeben, welche aus dem nordwestlichen Grubenbereich der 750-m-Sohle (Salzlösungen aus den Kaliabbauen) entnommen wurde. Die Menge des zugegebenen Hautwerks und der zugesetzten Salzlösung sind nicht dokumentiert. Die Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen zwei Fotos aus der Einlagerungszeit. Dabei ist deutlich die schon damals existierende Ausbildung von Lösern in der Firste zu erkennen. Soweit aus Platzgründen möglich, wurden die Fässer mit dem Gabelstapler direkt unter der Firste platziert und damit – zumindest lokal – der weiteren Löserbildung entgegengewirkt.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02

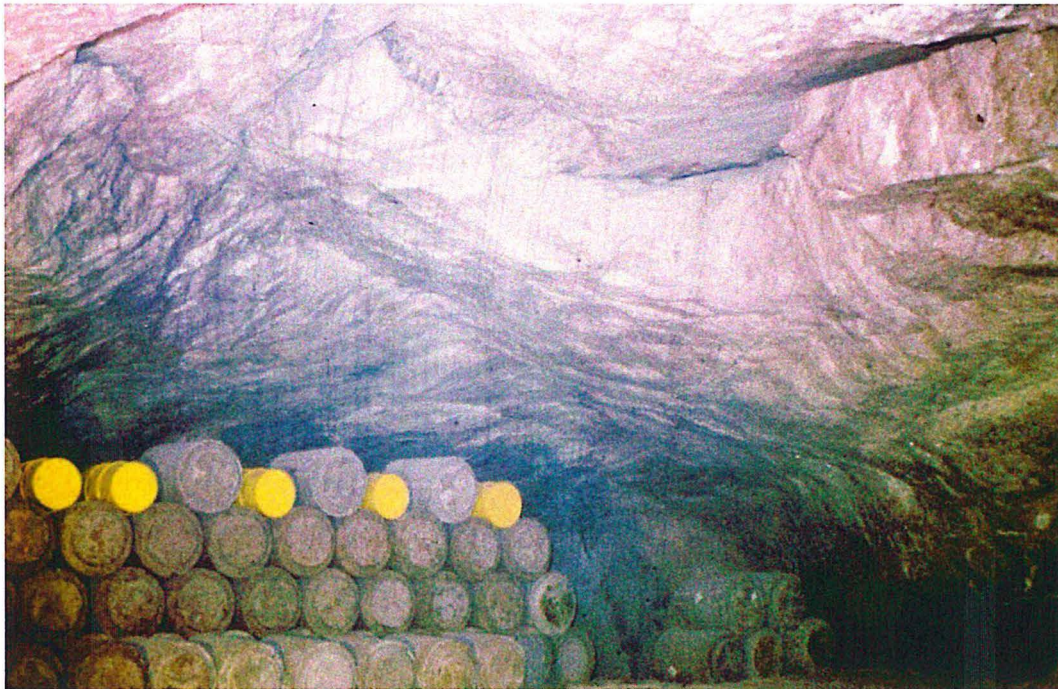



Abbildung 2: Historisches Foto aus der ELK 7/750 aus der Einlagerungszeit (Oktober 1977)



Abbildung 3: Historisches Foto aus der ELK 7/750 aus der Einlagerungszeit (November 1977)

Die ELK 7/750 weist mittlere Abmessungen in der streichenden Länge von 59 m und in der querschlägigen Breite von 33 m auf. Die planimetrierte Grundfläche im Sohlenniveau beträgt 1.880 m². Bezüglich der Höhe der ELK 7/750 liegen unterschiedliche Daten vor. In einer im Jahre 1982 angefertigten Hohlraumbilanz wurden die Höhen der Einlagerungskammern im Jüngeren Steinsalz mit 9 m angegeben. Als Basis wurde die Scheitelhöhe der Kammern abzüglich 1 Meter für die Wölbung verwendet. Diese Angabe stimmt mit den zeichnerischen Darstellungen im Grubenbild überein. Der Querschlag zwischen der ELK 7/750 und dem Abbau 5/750 im Älteren Steinsalz liegt 9 m über dem Niveau der 750-m-Sohle und die Streckenhöhe beträgt 3,8 m.

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN		
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02		
Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3							Blatt: 8	

Entsprechend den markscheiderischen Zeichnungen ist die Streckenfirste über der Kammerfirste positioniert, so dass in diesem Bereich der Ansatz einer Kammerhöhe von 10 m gerechtfertigt erscheint.

Der größtenteils im Carnallit liegende Zugang aus dem Abbau 5/750 im Na2 im Firstniveau zur ELK 7/750 ist gebirgsmechanisch stark beansprucht, so dass dieser in den Jahren vor der Herrichtung des Ortes für die Faktenerhebung aus Gründen der Arbeitssicherheit wiederholt nachgeschnitten werden musste. Dadurch hat sich die offene Streckenlänge um ca. 21% verringert und der Querschnitt um ca. 25% vergrößert.

3 Zustand der Erkundungsbohrung und Arbeitsbedingungen

Die Erkundungsbohrung B 7/750-A3 verläuft mit einer Länge von 23,2 m und mit 3° leicht einfallend in Richtung SSW. Der Bezugspunkt für die Bohrlochteufe (Teufe 0,0 m) ist das Standrohr. Das Standrohr ist 3,5 m lang. Bis zu einer Bohrlochteufe von 3,9 m steht Beton an und danach liegt die Bohrung im Carnallit. Das bedeutet, dass die Kontur der Carnallitstrecke erst bei einer Bohrlochteufe von 3,9 m aufgeschlossen wird. Die Schichtgrenze zum Steinsalz folgt in einer Bohrlochteufe von 7,2 m und bei einer Teufe von 22,9 m wird die Kammerkontur erreicht. Die restlichen 0,3 m bis zur freigelegten VBA (Verlorene Betonabschirmung) liegen im Steinsalzgrus. In der Tabelle 1 sind diese Angaben noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 1: Aufgeschlossene Bereiche in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3

Bohrlochteufe ab Standrohr (m)	Durchteufter Abschnitt
0,0 bis 3,5	Standrohr
3,5 bis 3,9	Beton
3,9 bis 7,2	Carnallit
7,2	Schichtgrenze Carnallit/Steinsalz
22,9	Aufschluss der Kammerkontur
22,9 bis 23,2	Steinsalzversatz

Entsprechend den Videokamerabefahrungen sowie den Messprotokollen lag in der Erkundungsbohrung eine glatte Oberfläche mit rauen Abschnitten ohne anhaftendes Bohrmehl oder Lösungen vor. Die von der Asse-GmbH zur Verfügung gestellten Fotos in der Abbildung 4 bis Abbildung 6 wiesen jedoch bei Bohrlochteufen von 16,6 m (Abbildung 4) und insbesondere zwischen 20 und 21 m (Abbildung 5) quer zum Bohrloch liegende Scherbänder aus, die bei der Planung der Messungen ausgelassen wurden bzw. bei der Auswertung berücksichtigt werden mussten. Im Bohrlochtieften ist in der Abbildung 6 eine schräg angeschnittene Betonumhüllung im Versatz zu erkennen.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02

Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3

Blatt: 9

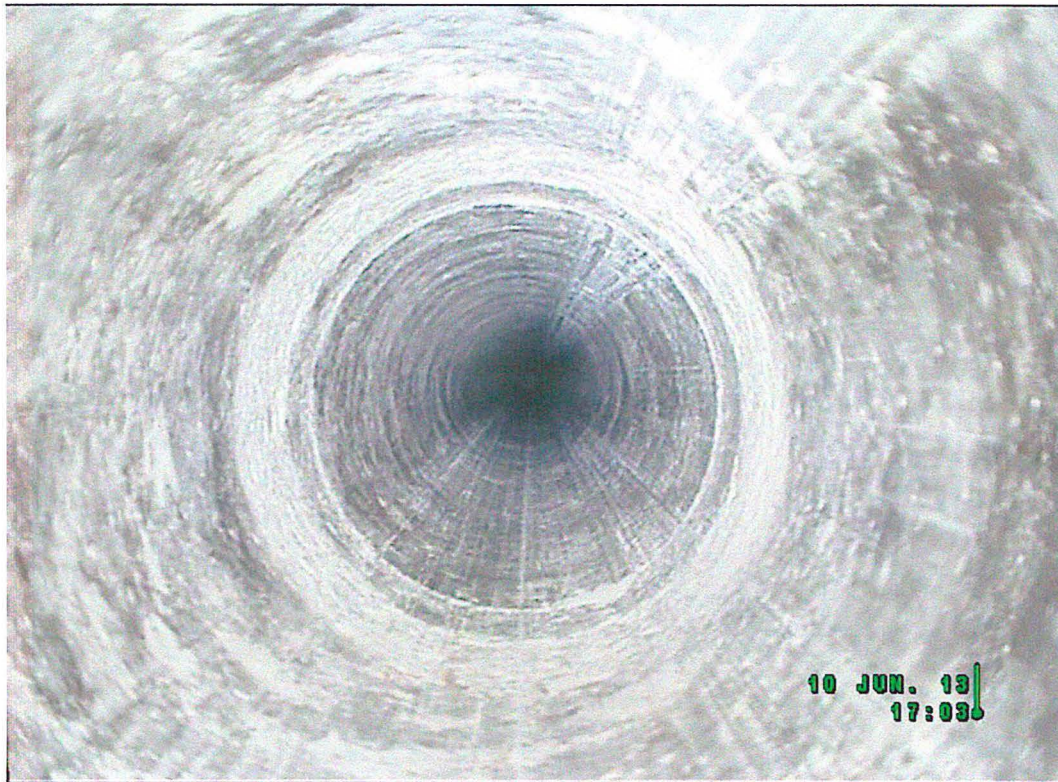


Abbildung 4: Foto aus der Kamerabefahrung; Scherband bei Bohrlochteufe 16,6 m



Abbildung 5: Foto aus der Kamerabefahrung; Scherband bei Bohrlochteufe 21,0 m

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02



Abbildung 6: Foto aus der Kamerabefahrung; freigelegte Betonhülle bei Bohrlochteufe 22,5 m

Im Bohrloch musste mit einer radioaktiv belasteten Atmosphäre gerechnet und deshalb unter Normalbedingungen (ohne Schutzausrüstung) bei geschlossenem Preventer gearbeitet werden. Das gesamte für die Messungen erforderliche Personal und Equipment waren über ein Schleusensystem ein- bzw. auszuschleusen, wobei nach der Durchführung der Messungen eine Kontaminationsmessung durch den Strahlenschutz der Asse-GmbH erforderlich war.

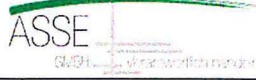
4 Methode und Ergebnisse der Spannungssondierungen

4.1 Versuchsbeschreibung und Equipment

Die hydraulischen Spannungssondierungen wurden angeboten, da mit dieser Methode sehr effektiv die minimale Druckeinspannung im Gebirge ermittelt werden kann. Dazu wird ein Bohrlochabschnitt mit zwei Packern abgedichtet und solange hydraulisch druckbeaufschlagt, bis es zu einer Überschreitung der Zugfestigkeit des Korngefüges an der Bohrlochkontur kommt. Danach tritt eine Permeation des verwendeten Fluids (hier Hydrauliköl) entlang der Korngrenzen bis zu einer radialen Reichweite von etwa 1 m auf. Die Permeationsfläche richtet sich in dieser Entfernung vom Bohrloch entsprechend der im Gebirge wirkenden Hauptnormalspannungen aus, wobei die minimale Hauptnormalspannung (minimale Druckeinspannung) normal zur Permeationsfläche wirkt. Nach einer zeitlichen Übergangsphase stellt sich ein Druckgleichgewicht zwischen dem Öldruck im abgepackten Bohrlochabschnitt (wird mittels Manometer und Drucksensor an der Anlage gemessen) und der minimalen Druckeinspannung am Untersuchungsabschnitt ein.

In einem Bohrloch können mittels Verschiebung der Sonde mehrere Untersuchungsabschnitte sondiert werden, wobei für die Messungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 unter den radiologischen Randbedingungen für die 5 Untersuchungsabschnitte drei bis fünf Arbeitstage eingeplant waren. Die theoretischen Grundlagen dieser Methode sind ausführlich in [2] dargestellt. Aus der Verfahrensbeschreibung ergibt sich, dass der Spannungszustand nur in intakten und dichten Gebirgsbereichen ermittelt werden kann. Die Druckeinspannung im Versatzkörper im Bohrloch tiefsten lässt sich damit nicht bestimmen.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNNN	NNAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02



ASSE
GmbH
Geotechnische Versuchs- und
Anlagenbau GmbH

Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3	Blatt: 11
---	-----------


Die Messsonde ist in Abbildung 7 links zu sehen. Die Fotos stellen einen bauartgleichen Prototyp dar, der in zahlreichen Einsätzen mit einer begleitenden Schallemissionsrissortung getestet wurde. Die oben beschriebene Permeation des Fluids an den Korngrenzen führt zu einer energiewachen Schallemission, die mittels unterschiedlicher an die Bohrlochwand gepresster Aufnehmer lokalisiert werden kann. Die Gesamtheit der lokalisierten Ereignisse repräsentiert die Permeationsfront. Die beiden Aufnehmerkränze sind an den äußeren Enden der Sonde angeflanscht und wurden im hier vorliegenden Projekt der Faktenerhebung nicht verwendet.

Das mittlere Druckintervall ist 0,5 m lang und besteht aus einem durchbohrten Distanzrohr und den beiden Druckzylindern. Das Druckfluid füllt im Bohrloch den Ringraum zwischen dem Distanzstück und der Bohrlochkontur bzw. den Raum zwischen beiden Druckzylindern und der Kontur. Das Füllvolumen beträgt 424 cm³. Die Packer an den beiden Seiten des Druckintervalls werden durch das Ausfahren der Druckzylinder an die Bohrlochwand gepresst und dichten diese damit ab. Die Packer sind jeweils 24 cm lang und bestehen jeweils aus zwei Elastomerzylindern unterschiedlicher Shore-Härte. Der äußere Elastomerpacker besitzt eine größere Härte, um ein Überwallen an den Endringen zu vermeiden. Die Gesamtlänge der Sonde erreicht, inkl. der Endringe, ca. 1,23 m. Die Sonde ist ausgelegt für Bohrl Lochdurchmesser von 98 mm bis 101 mm und für Druckbeaufschlagungen bis 65 MPa. Es sind zwei getrennte Hydraulikleitungen für den Untersuchungsabschnitt und die Druckzylinder für die Packeranpressung notwendig. Die Packer bzw. das Anpressprinzip sind so robust, dass Bohrl Lochdurchmessererweiterungen von wenigen Millimetern kompensiert werden können. Über ein Stahlgestänge kann die Sonde im Bohrloch bewegt werden.



Abbildung 7: Equipment für Spannungssondierungen in Bohrlöchern mit Durchmessern von etwa 101 mm

Für langzeitige Pumpvorgänge, Profilprogramme und Permeabilitätsuntersuchungen wurde die in Abbildung 7 rechts gezeigte elektrische Hochdrucklaborpumpe angeschafft. Die Dosierpumpe K3 der Firma LEWA arbeitet mit Injektionsraten von 0,1 bis 600 ml/h bei maximalen Drücken bis 500 bar. Sie ist für beliebige Raten frei programmierbar und daher für eine Vielzahl von Aufgabenstellungen hervorragend geeignet. Um einen störungsfreien Pumpenbetrieb über mehrere Tage

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02	

Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3	Blatt: 12
---	-----------

gewährleisten zu können, ist es erforderlich, das niedrig viskose Spindelöl (Viskosität vergleichbar einer hochkonzentrierten Lauge) mit einem Vordruck von etwa 3 bar zu beaufschlagen. Dazu wird der Vordruckbehälter einer GÖLZ-Bohrmaschine verwendet. Die Leitungen sowie das abgepackte Bohrlochintervall werden mit einer Handkolbenpumpe mit einem Pumpvolumen von 4 cm³/Hub und 1 cm³/Hub gefüllt. Weiterhin wird diese Pumpe auch für die manuelle Druckbeaufschlagung im Dichtheitstest verwendet. Als Druckfluid kam für diese Pumpe Hydrauliköl HLP 46 zur Anwendung. Die Druckaufzeichnung erfolgte mittels elektrischer Sensoren, getrennt für Druckintervall- und Packerleitung, einer tragbaren Datenerfassungsanlage und eines mobilen PC.

4.2 Versuchsablauf

Die Zeitdauer der Versuche, d.h. bis die Druckabfallkurven eine zuverlässige Auswertung gestatten, wird im Wesentlichen durch die geologischen Bedingungen bestimmt (Homogenität, kristalliner Aufbau, Permeationsverhalten des Salzgesteins). Ein typischer Versuchsablauf ist in Abbildung 8 dargestellt.

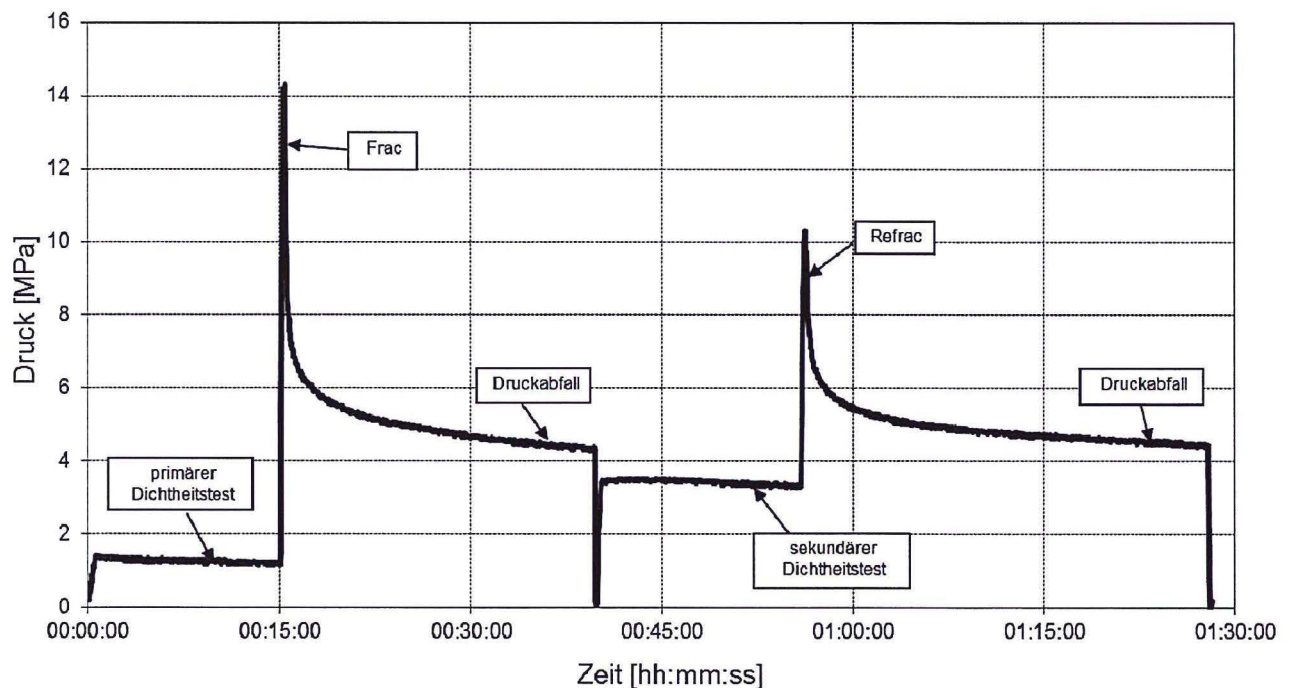



Abbildung 8: Typischer Ablauf einer hydraulischen Spannungssondierung

Im primären Dichtheitstest wird mit einem geringen Druck zunächst die Dichtheit des Untersuchungsintervalls nachgewiesen und dann der Frac erzeugt. In der „Shut-in“ Phase kommt es zu einem Druckabfall, der sich asymptotisch einem Endwert nähert. Um die Wartezeit bis zur Einstellung abzukürzen, wird im sekundären Dichtheitstest der Öldruck um 10 % verringert und beobachtet, ob sich dabei eine Druckkonstanz einstellt. Der Dichtheitsnachweis bei ca. 90 % des Endwertes der Druckabfallkurve des Fracversuches beschreibt den Druck, bei dem sich das durch den Frac erzeugte Rissgefüge im Gebirge nicht weiter öffnet und die Ausbreitung der Permeationsfront zur Ruhe gekommen ist. Danach erfolgen der Refrac und die erneute Beobachtung der Druckabfallkurve. Für die Berechnung des Betrages der minimalen Druckeinspannung werden der sekundäre Dichtheitstest (Druckkonstanz bei 90 % der ersten Druckabfallkurve) und der Endwert der zweiten Druckabfallkurve nach dem Refrac (Mittelwertbildung) verwendet. Die unterschiedlichen Versuchsetappen sind in der Abbildung 8 erläutert, wobei jedoch die geringen Druckabfälle im primären und sekundären Dichtheitstest geringe Undichtigkeiten im Salzgefüge bzw. beginnende mechanische Auflockerungen anzeigen.

Projekt NNA	PSP-Element NNNNNNNNNN	Thema NNAANN	Aufgabe AA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02	
Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3							Blatt: 13

4.3 Ergebnisdiskussion

Die Versuchsabläufe in den 5 Untersuchungsabschnitten sind in der Abbildung 9 bis Abbildung 13 grafisch dargestellt und in der Tabelle 2 ausgewertet und diskutiert. Die Versuche fanden im Zeitraum vom 05. bis zum 08.08.2013 statt. Zusätzlich sind zu den Kurven folgende Anmerkungen zu machen:

Die Druckerzeugung für alle primären und sekundären Dichtheitstests erfolgte mit der Handkolbenpumpe.

Der Frac in der Bohrlochteufe 17 m wurde mittels Handkolbenpumpe und der Refrac mit der elektrischen Dosierpumpe und einer Volumenrate von 300 ml/h realisiert.

Alle weiteren Fracs und Refracs erfolgten mit der elektrischen Dosierpumpe und einer Volumenrate von 400 ml/h. Dabei wurden jeweils etwa 30 bis 60 ml Öl in das Gebirge injiziert.

Bei der Aufzeichnung der Druckabfallkurven war die Zuleitung zum Druckraum geschlossen („Shut-in“ Phase).

Die geringen Druckabfälle in den Bohrlochteufen 17 m und 13 m im primären Dichtheitstest werden auf gebirgsmechanisch bedingte Schädigungen/Auflockerungen zurückgeführt.

Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3

Bohrlochteufe (m) ab Standrohrende	Minimale Druck-einspannung (MPa)	Salzvarietät	Bemerkungen zur Lokation
17	4,5	Steinsalz Na3	Geringer Druckabfall im Dichtheitstest, in dieser Teufe wurden Scherbänder identifiziert
13	2,8	Steinsalz Na3	Gleichfalls geringer Druckabfall im Dichtheitstest
9	5,5	Steinsalz Na3	-
7,2	8	Schichtgrenze Na3/K2	Höchste Einspannung im Schichtgrenzenbereich
6	7	Carnallit K2	-

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02

Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3

Blatt: 14

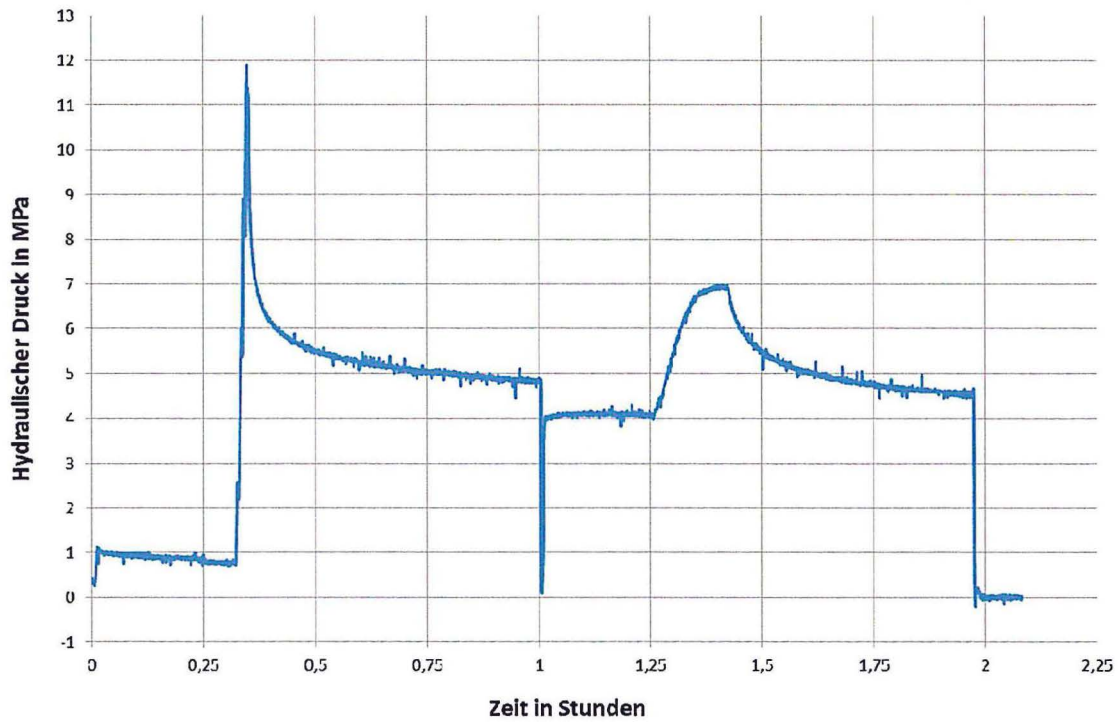


Abbildung 9: Spannungssondierung in Erkundungsbohrung B 7/750-A3; Teufe 17,0 m; im Leinsteinsalz

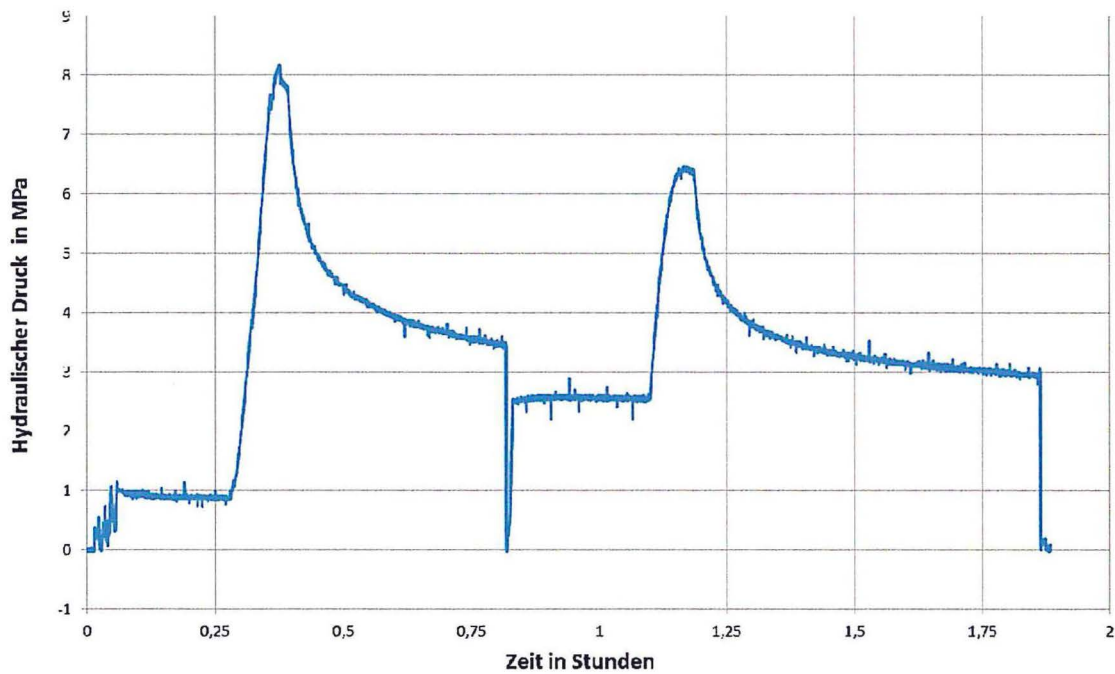



Abbildung 10: Spannungssondierung in Erkundungsbohrung B 7/750-A3; Teufe 13,0 m; im Leinsteinsalz

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02	

ASSE
Geotechnische Versuchs- und Prüftechnik
Geotechnik und Baugrunderkundung

Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3	Blatt: 15
---	-----------

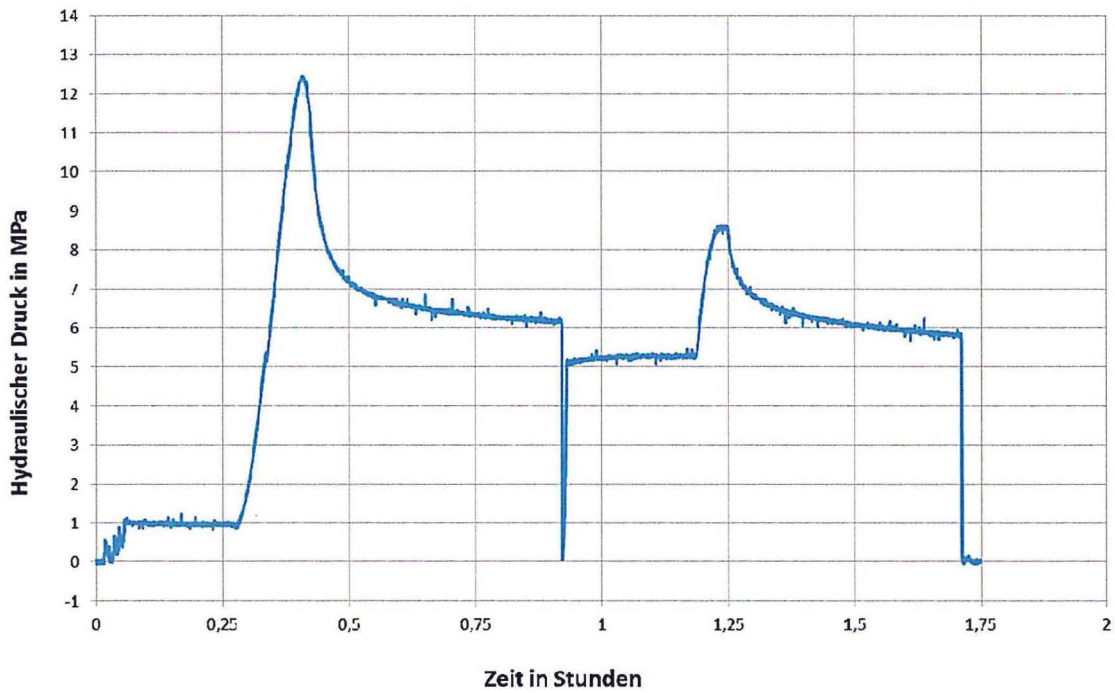


Abbildung 11: Spannungssondierung in Erkundungsbohrung B 7/750-A3; Teufe 9,0 m; im Leinsteinsalz

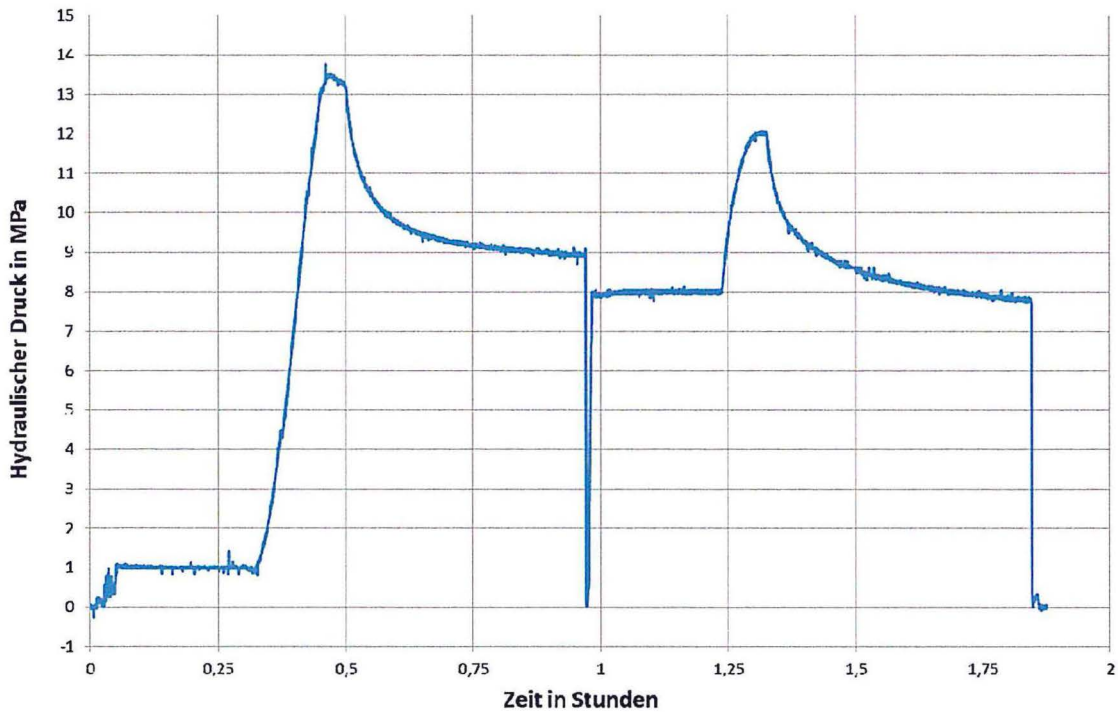


Abbildung 12: Spannungssondierung in Erkundungsbohrung B 7/750-A3; Teufe 7,2 m; auf Schichtgrenze Carnallit zum Leinsteinsalz

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNA	NNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02

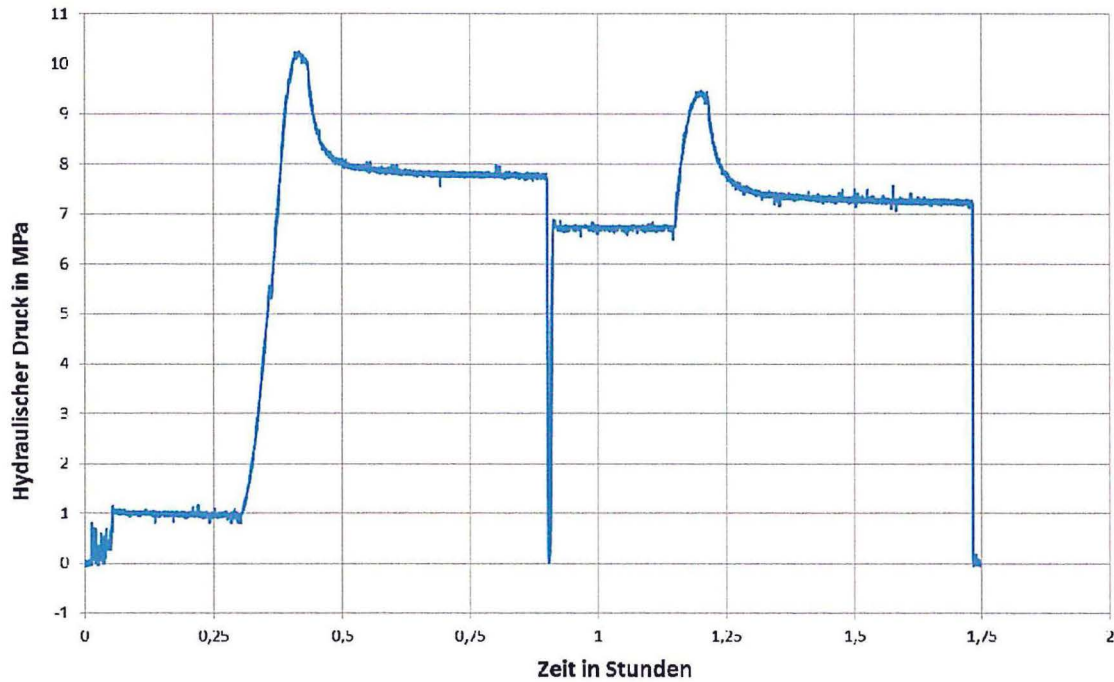


Abbildung 13: Spannungssondierung in Erkundungsbohrung B 7/750-A3; Teufe 6,0 m; im Carnallitit

5 Interpretation im Vergleich mit Modellrechnungen und weiteren In-situ-Messungen

Zur Bewertung der gemessenen Minimalspannungen wurden Ergebnisse von 3D-Modellrechnungen verwendet. Mit diesem Modell erfolgte die Diskretisierung der halben SchachanlageASSE II inkl. des Neben- und Deckgebirges. Die Abmessungen sind in vertikaler Richtung 2,45 km, in querschlägiger Richtung 6,3 km und streichend 594 m. Mit dem Modell wurde die gesamte bergbauliche Geschichte (Auffahrungen, Versatzeinbringungen, Firstspaltverfüllungen) bis zur Gegenwart berechnet und die Entwicklung der Schädigungsprozesse nachvollzogen. Zur Modellüberprüfung dienten die Messwerte der Standortüberwachung, dabei insbesondere die der südlichen Deckgebirgsverschiebungen. Das Modell soll die großräumigen Spannungs- und Deformationsprozesse mit den Lastumlagerungen auf das Deckgebirge nachbilden, ist aber auch für die Bewertung konkreter Abbausituationen geeignet. Diese müssen vorher identifiziert und dann feiner vernetzt werden. Im vorliegenden Fall zielt das Modell vorrangig auf die Bewertung der oberen Infrastrukturräume und weniger auf die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle ab. Obwohl die Umgebung der ELK 7/750 geometrisch nicht detailgenau berücksichtigt wurde, soll trotzdem der typische Spannungszustand um eine Einlagerungskammer in dieser Teufe mit einer Höhe von 10 m und einer Schweben bis zur 725-m-Sohle von 14 m zum Vergleich mit den Messergebnissen herangezogen werden. Die geometrischen Abweichungen liegen in einer zu kurzen querschlägigen Erstreckung der Einlagerungskammer auf der 750-m-Sohle, der zu weiten Entfernung der südlichen Richtstrecke nach Osten und der Nichtberücksichtigung der Verbindungsstrecke zwischen ELK 7/750 und Abbau 5/750 Na2. Das Modell wird gegenwärtig im Rahmen einer Beauftragung des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) weiter entwickelt und später in einem eigenständigen Bericht erläutert.

In Abbildung 14 bis Abbildung 17 sind die Rechenergebnisse in einem querschlägigen Vertikalschnitt durch den östlichen Kammerbereich dargestellt. Die vertikale, gestrichelte Linie repräsentiert die Schichtgrenze Carnallitit/Steinsalz.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02

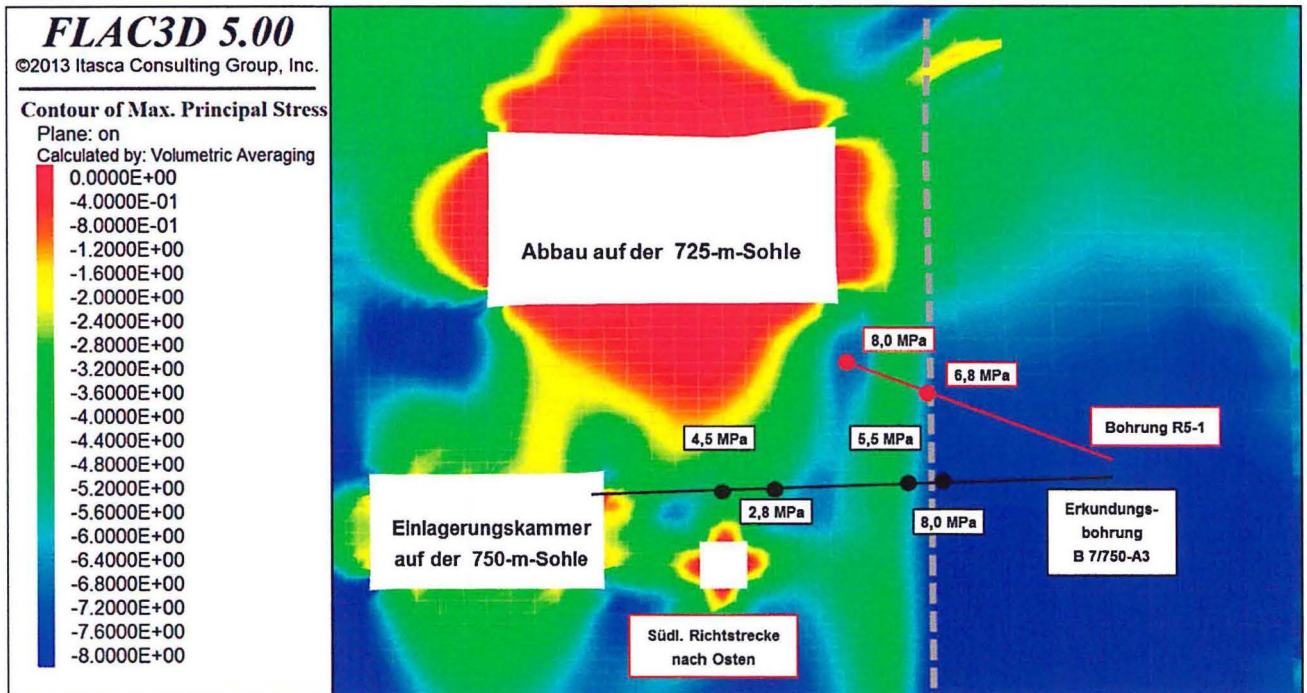


Abbildung 14: Isoflächennplot der minimalen Druckeinspannung in MPa in einem Vertikalschnitt

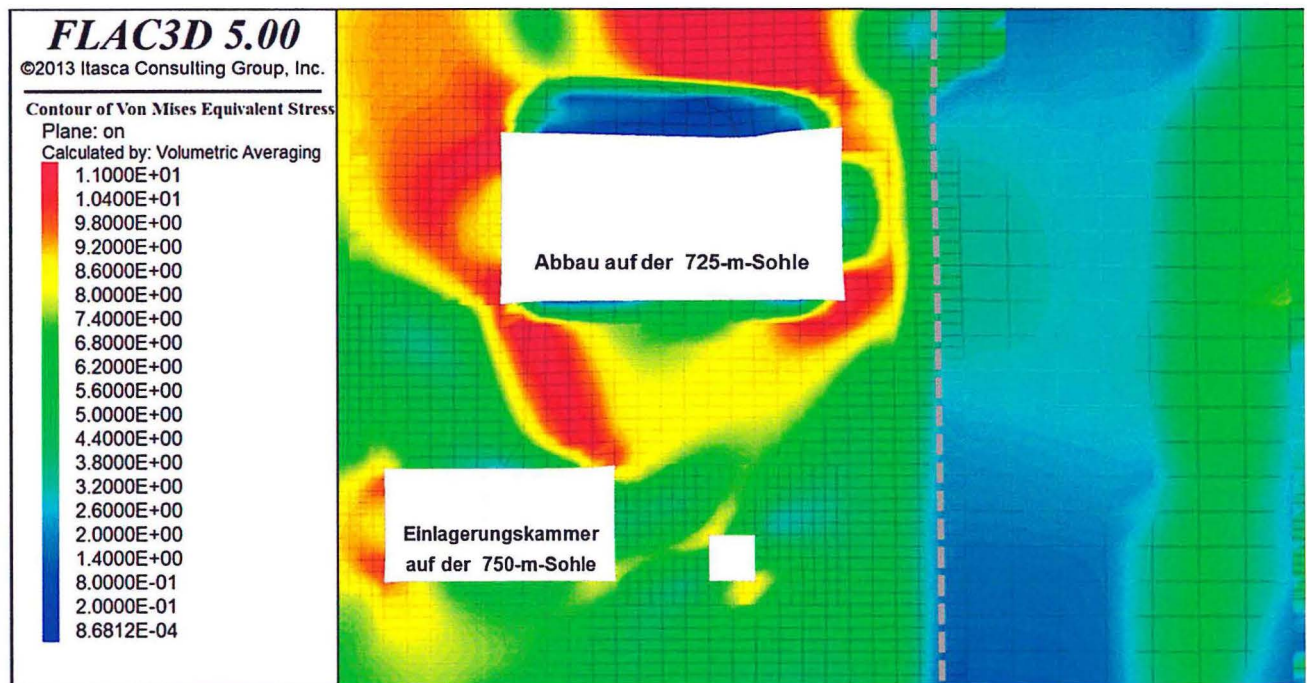


Abbildung 15: Vertikalschnitt mit Isoflächennplot der Vergleichsspannung σ_v in MPa

Abbildung 15 zeigt die Hauptspannungsdifferenzen als Darstellung der Vergleichsspannung

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]}$$

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02	

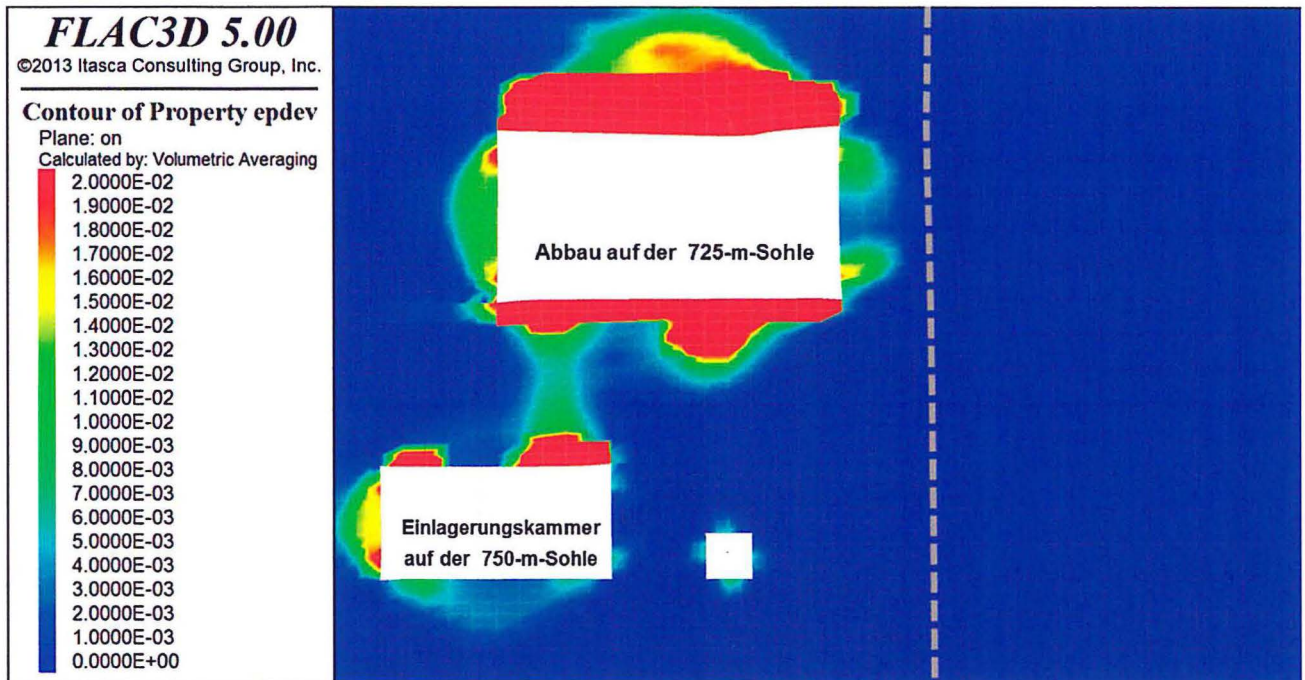


Abbildung 16: Vertikalschnitt mit Isoflächenplot der plastischen Scherverformung

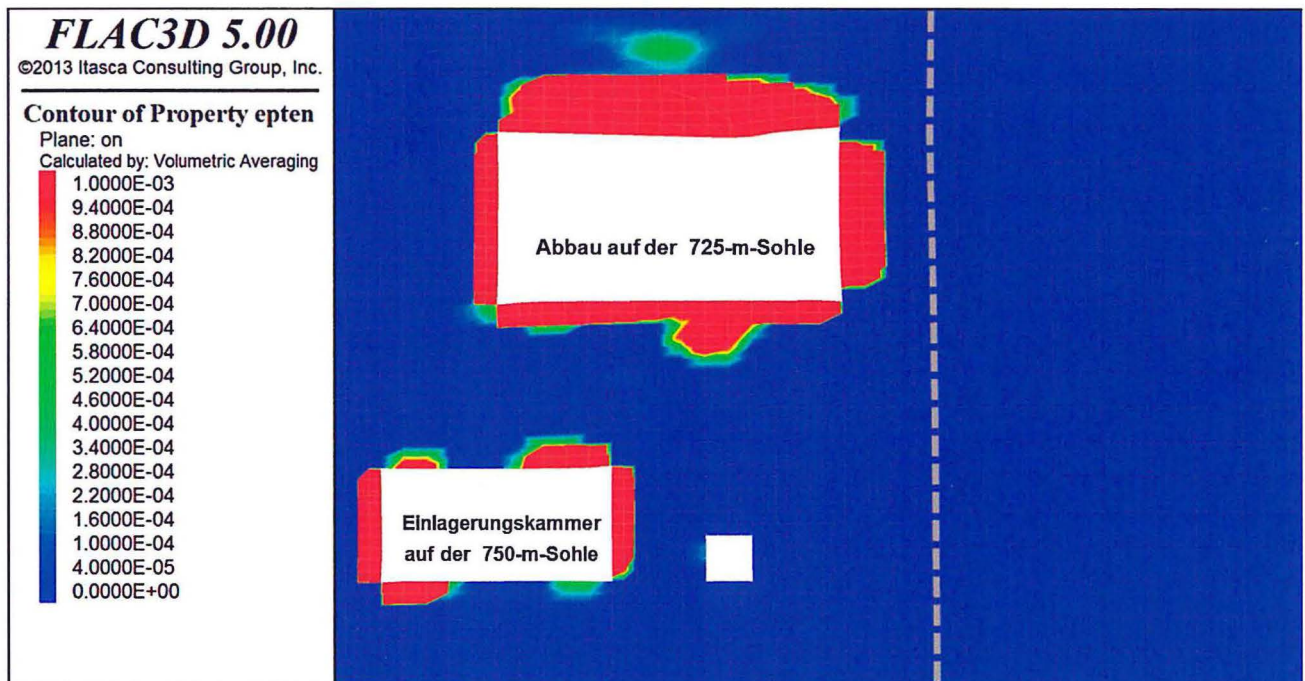



Abbildung 17: Vertikalschnitt mit Isoflächenplot der plastischen Zugverformungen

In der Darstellung für die Beträge der minimalen Druckeinspannungen sind in Abbildung 14 auch die Minimalspannungsmesswerte aus der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 (Tabelle 2, ohne den Wert für die Bohrlochtiefe 6 m) und aus der Bohrung R5-1 [3], die mit einem Anstiegswinkel von 20° parallel zur Carnallitstrecke gebohrt wurde, eingezeichnet. Die Bohrung R5-1 wurde im Jahr 2008 im Rahmen der Standortuntersuchungen für die Strömungsbarriere SB-750-11 sondiert.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02	
Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungs Sondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3							Blatt: 19

Da die beiden Bohrungen aus der Carnallitstrecke gestoßen wurden, die im hier verwendeten Rechenmodell aber nicht modelliert ist, wurden die Messwerte aus dem unmittelbaren Streckenkonturbereich (Hohlraumentspannungszone) nicht eingezeichnet. Bei der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 ist das der Messwert aus dem Carnallit, der bei dem spitzen Winkel der Erkundungsbohrung zur westlichen Streckenkontur aus einer Stoßteufe von nur 1,3 m stammt.


Wie der Vergleich der berechneten und gemessenen Minimalspannungen zeigt, ist die Übereinstimmung sehr gut. Trotz der im Detail abweichenden Geometrie können mit dem Rechenmodell offensichtlich die untertägigen Spannungsbedingungen zutreffend wiedergegeben werden. Dieser Befund liefert die Berechtigung, die Abbildung 14 bis Abbildung 17 auch zur Bewertung des Beanspruchungszustandes in der weiteren Kammerumgebung, außerhalb der sondierten Bereiche, zu verwenden.

In der Firste der Einlagerungskammer hat sich an der nördlichen Firstkante ein Bereich relativ großer Spannungsdifferenzen >10 MPa ausgebildet, der bei der geringen minimalen Druckeinspannung zu einer erhöhten gebirgsmechanischen Beanspruchung führt. Auffallend sind auch die hohen Spannungsdifferenzen in der gleichen Größenordnung im südlichen Kammer-vorfeld. In der Konsequenz sind in Abbildung 16 im nördlichen Firstbereich, aber auch im Süden, erhöhte plastische Scherdeformationen ausgewiesen. Die Beträge markieren noch den Verformungsverlauf im Vorbruchbereich. In der Bewertung sind aber die im Modell zu kurze querschlägige Breite der Einlagerungskammer (etwa $2/3$ der tatsächlichen Breite) und die weiter entfernt liegende südliche Richtstrecke nach Osten zu berücksichtigen. Die Analyse von Firstbereichen über Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle mit zur ELK 7/750 ähnlichen Breiten zeigt, dass dort ausgeprägte plastische Scherdeformationen berechnet werden.

Die Zonen mit plastischen Zugverformungen in Abbildung 17 bestätigen den Befund aus Abbildung 16. Angesichts der in situ längeren querschlägigen Breite der ELK 7/750 wird auf die Bohrlochradarmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A1 /1/ verwiesen und davon ausgegangen, dass die in /1/ diskutierten Reflektoren bis in eine Firstteufe von 2 m Schichtablösungen repräsentieren, die im Rahmen der Faktenerhebung Schritt 1 unbedingt verifiziert werden sollten. In der Standzeit von etwa 40 Jahren seit der Verfüllung haben sich die in den Abbildung 2 und Abbildung 3 gezeigten Ablösungen vermutlich in der Firste weiter nach oben ausgebreitet.

Im Bericht [4] ist beschrieben, dass zu Beginn der 1980er Jahre beim Bau der Verschlüsse für die Einlagerungskammern einige Verschlüsse, darunter auch das Bauwerk in der hangenden Verbindungsstrecke zwischen dem Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750, mit geotechnischen Messsensoren versehen wurden. Gemäß [4] besteht der nördliche Teil des Verschlusses, der von der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 durchstoßen wird, aus „Geblasenem Salzbeton“ und dort wurde am westlichen Streckenstoß ein Druckgeber zur Bestimmung der Radialspannung installiert. Von Anfang 1983 (Anfang 1984 wurde eine nachträgliche Zementinjektion zur Verbesserung der Kontaktbedingungen des Druckgebers durchgeführt) bis Ende 1989 hat sich die Radialspannung asymptotisch einem Spannungswert von etwa 7 bis 8 MPa angenähert. Diese Beobachtung, die in dieser Größenordnung auch für weitere Messquerschnitte im Verschluss zur ELK 7/750 gültig ist, belegt einen sehr guten Form- und Kraftschluss des Betons schon seit Ende der 1980er Jahre. Das Bauwerk ist offensichtlich seitdem in Höhe des Gebirgsdruckes eingespannt.

Die in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 im westlichen Stoßbereich im Carnallit (Bohrlochteufe 6 m, radiale Stoßteufe 1,3 m) und an der Schichtgrenze Carnallit/Steinsalz (Bohrlochteufe 7,2 m, radiale Stoßteufe 1,6 m) bestimmten Minimalspannungen von 7 und 8 MPa entsprechen der schon vor 24 Jahren ermittelten Radialspannung. Es ist deshalb festzustellen, dass das Bauwerk Entfestigungen und Rissbildungen, die sich im offenen Zustand in der Kontur entwickelt hätten,

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02	
Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungs Sondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3							Blatt: 20

verhindert hat. Für den nördlichen, offenen Bereich der Carnallitstrecke gilt diese Aussage (siehe oben) nicht. Diese Aussage wird weiterhin mit den vorliegenden Resultaten aus Permeabilitätsmessungen aus [3] und /2/ gestützt. Die Permeabilitäten (Messung mit Gas) lagen 2008 gemäß [3] im Streckenkonturbereich im Carnallit bei $5 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$, über der Schichtgrenze Carnallit/Steinsalz bei 1 bis $2 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$ und im Steinsalz bei $5 \cdot 10^{-21} \text{ m}^2$. Im Steinsalz zeigte sich damals aber auch schon ein höher durchlässiger Scherbeanspruchungsbereich mit einer Permeabilität von $7 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$. Die aktuellen Messungen von IBeWa /2/ liefern im Konturbereich des Carnallits $2 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$ und an der Schichtgrenze Na3/K2 $6 \cdot 10^{-21} \text{ m}^2$. Der integrale Permeabilitätswert von $1 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$ entspricht dem Erwartungswert für kompaktierten Steinsalzversatz.

Der Schichtgrenzenbereich besitzt unter der hohen Einspannung eine geringe Permeabilität, während der ehemalige Konturbereich im Carnallit, der aber auch hoch eingespannt ist, noch eine wesentlich höhere Permeabilität aufweist.

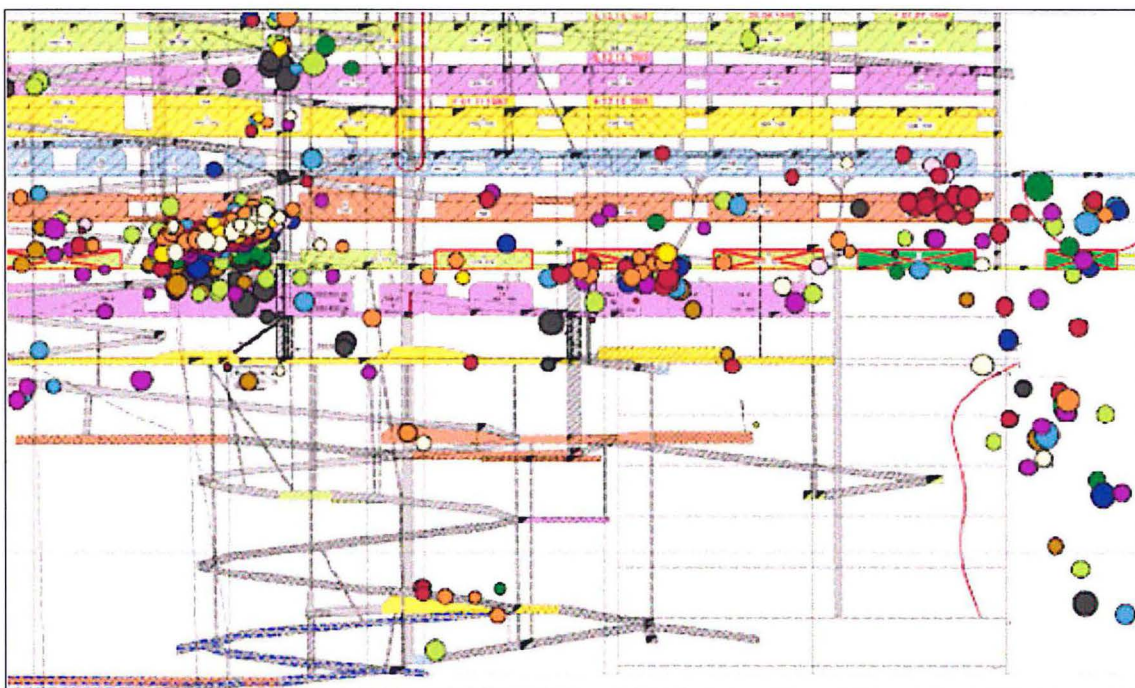


Abbildung 18: Mikroseismische Ereignisse projiziert auf einen Ausschnitt des Seigerriß und Längsschnitt 1 der Schachtanlage Asse II; 09/2012 bis 08/ 2013; Legende siehe Abbildung 19

Bezüglich der Daten der Standortüberwachung ist die ELK 7/750 nicht exponiert auffallend. In der Abbildung 18 und Abbildung 19 ist dargelegt, dass im Vergleich zu anderen Einlagerungskammern, wie der westlich benachbarten ELK 6/750 und der noch weiter westlich liegenden (nicht bis zur Firste verfüllten) ELK 4/750, die mikroseismische Aktivität relativ gering ist. Die wenigen Ereignisse sind aber trotzdem gebirgsmechanischen Schädigungsprozessen in den Firsten zuzuordnen.

Das Konvergenzgeschehen wird auf der 750-m-Sohle durch den Massenfluss in Richtung der großen Abbaue im Staßfurtsteinsalz dominiert. Die querschlägigen Pfeilerstauchungen sind an der unteren Baufeldgrenze im Vergleich zu den höher liegenden Sohlen der Südflanke gering.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02

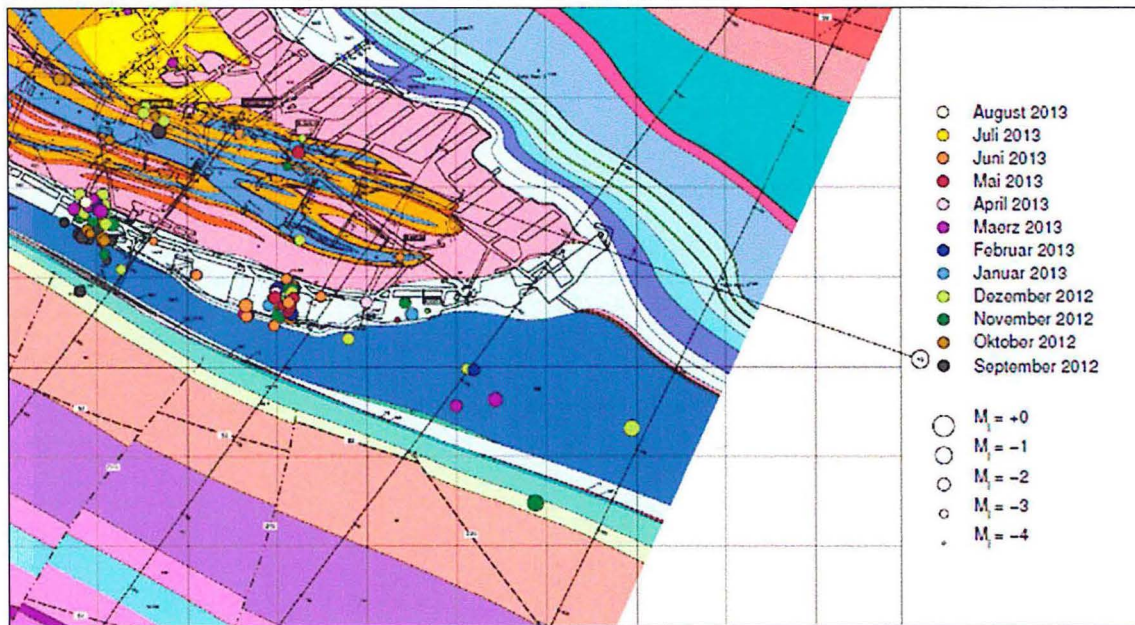


Abbildung 19: Ausschnitt aus dem geol. Sohlenriß 750 m der Schachanlage Asse II mit mikroseismischen Ereignissen; nur Betriebsruhezeiten, 09/2012 bis 08/2013

6 Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Zur Bewertung der in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 gemessenen Minimalspannungen wurden Ergebnisse von 3D-Modellrechnungen verwendet. Obwohl das Modell nicht für eine detaillierte Untersuchung der gebirgsmechanischen Beanspruchung der Umgebung der ELK 7/750 erstellt wurde, konnte trotzdem eine gute Übereinstimmung des berechneten typischen Spannungszustandes um eine Einlagerungskammer in der Teufe der 750-m-Sohle mit den Messwerten nachgewiesen werden. Damit ist belegt, dass die verwendeten Stoffgesetze und Parameter für die Bewertung der Ergebnisse der Faktenerhebung als Grundlage für eine Rückholungsplanung geeignet sind.

Alle Werte der Spannungssondierungen und Permeabilitätsmessungen sind plausibel und insbesondere die hohe minimale Druckeinspannung der Schichtgrenze Carnallitit/Steinsalz von 8 MPa mit der aktuell geringsten Permeabilität von $6 \cdot 10^{-21} \text{ m}^2$ weisen auf eine hohe Stützwirkung des Verschlussbauwerkes hin, die in den Jahrzehnten seit dem Einbau einer Entfestigung im umgebenden Gebirge und einer Undichtigkeit der Schichtgrenze entgegengewirkt hat. Die lokalen Scherbänder im unmittelbaren nördlichen Konturbereich der ELK 7/750 wurden nicht sondiert und die leichten Druckabfälle im Dichtigkeitstest über der südlichen Richtstrecke nach Osten sind auf geringfügige gebirgsmechanische Schädigungen bzw. Auflockerungen zurückzuführen.

Die mit dem numerischen Modell berechneten plastischen Scher- und Zugdeformationen sind unterschätzt und aufgrund der größeren querschlägigen Einlagerungskammerbreite in situ vermutlich größer. Die mittels der Bohrlochradarmessungen /1/ nachgewiesenen Reflektoren bis in eine Firstteufe von 2 m sollten deshalb im Rahmen der Faktenerhebung Schritt 1 unbedingt verifiziert werden.

Projekt	PSP-Element	Thema	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NNAA	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA	AA	NNNN	NN	
9A	55110000	SON	HG	BW	0001	02	
Faktenerhebung Schritt 1 - Erkundungsbericht Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3							Blatt: 22



7 Mitgeltende Dokumente (in der jeweils gültigen Fassung)

- /1/ Asse-GmbH: „Ergebnisbericht Bohrlochradarmessung sowie Stoßkonturmessung der Erkundungsbohrung B 7/750-A1 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer (ELK) 7/750“
Asse-KZL: 9A/55110000/SON/BB/BL/0003/xx
- /2/ IBeWa: „Permeabilitätsmessungen in der Bohrung B7/750-A3“, Bericht im Auftrag der Asse-GmbH, Freiberg
Asse-KZL: 9A/55110000/GEO/HF/BW/0002/xx

8 Literaturverzeichnis

- [1] Asse-GmbH: Beschreibung der Lagerbereiche der Abfälle, Remlingen, Berichtsstand 27.03.2009
Asse-KZL: 14/77756/RHV/RB/BW/0001/03
- [2] Kamlot, Peter: Gebirgsmechanische Bewertung der geologischen Barrierefunktion des Hauptanhydrits in einem Salzbergwerk, Habilitationsschrift, Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der TU Bergakademie Freiberg, 02.04.2009, www.qucosa.de
- [3] IfG: „Ergebnisse der Kamerabefahrungen und der geotechnischen Messungen in den Erkundungsbohrungen im Bereich der geplanten Strömungsbarrieren SB-750-11 und SB-750-12“, Leipzig, 22.09.2008
- [4] GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit: „Untersuchungen zum Versatz und Verschluss von Kammern und Strecken in einem Endlager im Salz“, Institut für Tief Lagerung Braunschweig, GSF-Bericht 19/91, ISSN 0721-1694